

Сертифікація, стандартизація, якість

УДК 622.692.2

РОЗРОБКА НОРМАТИВІВ ПИТОМИХ ВИКИДІВ ВУГЛЕВОДНІВ НАФТИ З РЕЗЕРВУАРІВ В АТМОСФЕРУ

¹ М.Д. Середюк, ¹ Д.В. Лісафін, ² В.В. Сухий, ¹ В.П. Лісафін¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166
e-mail: tzng@nng.edu.ua² ТОВ "Євроекоскоп", 79057, м. Львів, вул. Антоновича, 132, тел. (0322) 393476
e-mail: eco@txnet.com

Приведены результаты научных исследований по разработке нормативов удельных выбросов углеводородов нефти из резервуаров нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов. Нормативы удельных выбросов базируются на разработанной методике, которая учитывает действующую технологию перекачивания нефти, её физико-химические свойства, а также другие факторы, которые определяют интенсивность испарения нефти в резервуарах.

The scientific analysis results of norms development of specific hydrocarbon emissions from oil-trunk pipeline pumping station reservoirs has been introduced. The specific hydrocarbon emissions norms are based on the methods which take into consideration acting oils pumping technology, oils physicochemical properties and others technological particularities of their evaporation rate in the reservoirs.

Постановою Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору" від 01.03.1999 р. за № 303 передбачається розробка показників питомих викидів забруднювальних речовин у навколишнє природне середовище на одиницю використаної сировини або виробленої продукції для виробництв та технологічних процесів. Для вирішення цього питання міністерствам та відомствам було дано доручення провести відповідні роботи з урахуванням Європейської системи інвентаризації "CORINAIR" [1]. Результатом цієї роботи повинно бути створення єдиної бази даних питомих викидів для проведення їх інвентаризації.

Об'єктами інвентаризації в галузі транспортування та зберігання нафти, згідно з рекомендаціями CORINAIR, є викиди в атмосферу метану (CH₄) та неметанових летких органічних сполук (НМЛОС).

Для кількісної оцінки валових викидів метану (CH₄) та неметанових летких органічних сполук (НМЛОС) в атмосферу з обладнання нафтотранспортної галузі в Україні як показники емісії можуть бути запропоновані питомі

викиди (показники емісії) парів нафти при виконанні технологічних операцій з її транспортування та зберігання, а також усереднені викиди парів нафти на одиницю маси транспортованої магістральним нафтопроводом нафти при здійсненні технологічних операцій її зберігання у резервуарних парках.

Протягом 2005-2007 рр. авторами статті були виконані науково-дослідні роботи з метою розробки показників емісії парів нафти в атмосферне повітря. Метою досліджень було: встановити основні чинники, які визначають величину показників емісії, визначити ступінь їх впливу; узагальнити експериментальні дані з фізико-хімічних властивостей парів вуглеводнів для основних сортів нафт, що транспортуються нафтопроводами України, та на їх підставі розробити методику оцінювання питомих викидів і знайти їх усереднені числові значення.

На першому етапі досліджень було визначено основні чинники, що визначають інтенсивність випаровування нафти в резервуарах:

- фізико-хімічні властивості нафти;
- температура нафти;
- режим експлуатації резервуара;

- номінальний об'єм резервуара та наявність засобів зменшення втрат від випаровування.

З фізико-хімічних властивостей нафти, що визначають інтенсивність її випаровування, прийнято пружність її пари (тиск насиченої пари) за стандартною методикою випробування відповідно до вимог ГОСТ 1756-2000 (ASTM 6377) [2].

Як математична модель для залежності пружності парів від температури пропонується експоненціальна залежність вигляду [3]

$$P_{ST} = P_{S38} \exp[-k(t - 38)], \quad (1)$$

де: P_{S38} – пружність парів нафти, що визначається стандартними умовами випробування;

k – емпіричний коефіцієнт, який залежить від сорту нафти;

t – температура нафти.

Усереднені значення величин, що входять у формулу (1), для основних сортів нафти наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Середні значення пружності парів та коефіцієнта k у формулі (1)

Сорт нафти	Пружність парів нафти за температури 38°C, кПа	Коефіцієнт k у формулі (1)
Російська експортна суміш (РЕС)	53,0	0,021
Тенгізська	51,1	0,021
Долинська	25,8	0,017
Нафта східно-українських родовищ	30,0	0,018

Температура нафти – один з основних чинників, що впливає на величину її втрат від випаровування. Як свідчать дослідження температурного режиму ізотермічних нафтопроводів, температури нафти протягом сезонних періодів змінюються за періодичним законом. Температура нафти у магістральному нафтопроводі залежить в основному від температури оточуючого ґрунту і у протяжних нафтопроводах близька до неї.

Звичайно, що температура нафти в резервуарі залежить від режиму його експлуатації, а тому може змінюватися з року в рік.

Аналіз значень температур нафти для регіонів розміщення нафтоперекачувальних станцій за даними різних джерел (статистичні дані лабораторій підприємства – заміри температури по ходових пробах нафти, кліматологічні довідникові дані) свідчить про стабільність характеру зміни температури нафти в трубопроводі.

Відносна стабільність температур нафти спостерігається і для різних нафтопроводів, що проходять територію України. В основному це пов'язано із значною відстанню, яку долає нафта на шляху до кордону України (більшість

нафт в трубопроводах – це суміш нафт російських родовищ, отримана приблизно за однакових умов змішування, зберігання та перекачування). Оскільки звітування підприємств за викиди забруднюючих речовин в атмосферу здійснюється щоквартально, то аналізувалися усереднені за квартал температури нафти.

Статистична обробка значень температур нафти для головних об'єктів нафтопроводів, показує, що з імовірністю 0,95 довірчий інтервал для середньоквартальних температур знаходиться у дуже вузькому діапазоні (від $\pm 0,2^\circ\text{C}$ до $\pm 0,32^\circ\text{C}$). Тому можна стверджувати, що середньоквартальні температури нафти можуть слугувати базою для оцінювання величини прогнозних втрат нафти від випаровування, оскільки їх величина є стабільною для певного об'єкта нафтопроводу, розташованого в певному географічному пункті. Враховуючи територіальний розподіл трас прокладання нафтопроводів України, умовно було виділено об'єкти нафтопроводів, що входять у середню та південну зони.

Технологічний режим експлуатації резервуара значною мірою впливає на характер та види випаровування нафти (в основному "малі" та "великі" дихання).

Залежно від способу підключення резервуарів до насосів на насосних станціях можливі такі схеми їх роботи:

- постанційне перекачування – нафта від попередньої насосної станції надходить в один резервуар, а відкачується з іншого;

- перекачування через резервуар – нафта приймається в резервуар і одночасно з нього відкачується;

- перекачування з підключеним резервуаром – резервуар сполучається з нафтопроводом через один трубопровід.

Також було окремо виділено випадки довготривалого зберігання нафти в резервуарному парку і резервуари з підігрівом нафти.

На сьогоdnішній день в системі транспортування нафти магістральними нафтопроводами знайшли поширення резервуари номінальним об'ємом від 5000 м³ до 75000 м³ таких типів: РВС (резервуар вертикальний сталевий зі стаціонарною покрівлею), РВСП (резервуар з понтоном), РВСПЛ (резервуар з плаваючою покрівлею) та резервуари з газовою обв'язкою.

Резервуари типу РВС обладнані дихальними клапанами, через які і відбувається викид вуглеводнів в атмосферу. Викиди парів нафти в атмосферне повітря з резервуарів з понтонами відбуваються через вентиляційні патрубки. З їх газового простору надходить в атмосферу частка парів, що утворилася при випаровуванні змоченої внутрішньої частини резервуара, а також частка парів, що утворилася в затворі понтону.

Аналогічні причини викидів забруднюючих речовин у резервуарах з плаваючими покрівлями, але у цьому випадку резервуар можна розглядати як неорганізоване джерело викидів вуглеводнів.

Потужність викиду забруднюючих речовин з резервуарів типу РВСП та РВСПЛ значно нижча, ніж у резервуарів типу РВС. За даними літературних джерел ефективність таких резервуарів щодо зменшення втрат від випаровування при значному річному коефіцієнті оборотності ємкості сягає величини від 80% до 86%.

Резервуари з газовою обв'язкою дають змогу ефективно зменшувати величину викидів парів вуглеводнів в атмосферне повітря у випадку, коли операції з закачування та відкачування нафти збігаються. Ефективність таких систем може сягати 90% і більше.

Експериментально встановлено, що в основному до складу викидів парів нафти з резервуарів входять:

- метан;
- НМЛОС (неметанові леткі органічні сполуки, у т.ч. етан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан +вищі).

Вміст конкретних компонентів різних сортів нафт суттєво не відрізняється і, як підтверджують дослідження і літературні джерела, суттєво не залежать від температури [3].

В таблиці 2 наведено дані про вміст окремих компонентів у вуглеводневій частині (загальна сума дорівнює 100%) газоповітряної суміші в резервуарах з російською експортною сумішшю.

Таблиця 2 – Середній вміст компонентів у викидах (вуглеводнева частина) з резервуарів типу РВС при транспортуванні російської експортної суміші

Компоненти	Вміст компонентів вуглеводнів у викидах, %
Метан	7,3
Етан	9,3
Пропан	32,3
Бутан	32,2
Пентан	12,1
Гексан	4,7
Гептан +вищі	2,1

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження дали змогу одержати основну розрахункову залежність для розрахунку питомих викидів нафти

$$M = \frac{9,38}{\rho_t} \cdot \frac{(1-n)}{t+273} \cdot k_1 \cdot P_{s38} \cdot e^{-k(t-38)}, \text{ кг/т, (2)}$$

де: 9,38 – числовий коефіцієнт, значення якого визначається молярною масою парів нафти та вибором системи одиниць;

ρ_t – густина нафти за умов зберігання у резервуарі;

n – коефіцієнт ефективності засобів скорочення втрат;

t – температура нафти, °C;

k_1 – коефіцієнт, що враховує режим роботи резервуара та його технічне оснащення;

На підставі цієї залежності було розраховано показники емісії вуглеводнів з резервуарів з нафтою, які враховують всі основні чинники, що впливають на їх величину. Показники представлено у вигляді таблиць з числовими значеннями показників викидів (кг/т). Порядок числових значень збігається з аналогічними показниками, що надані у якості коефіцієнтів досяжності викидів у секторі розподілу палива за даними [1].

Отримані за допомогою питомих показників викидів валові викиди окрім використання їх при проведенні інвентаризації забруднюючих речовин, можуть використовуватися при довгостроковому плануванні і розробці заходів із зниження обсягів викидів, визначенні питомих капітальних вкладень і експлуатаційних витрат на заходи з охорони довкілля від забруднення.

Основною позитивною перевагою перед існуючими підходами з оцінювання викидів вуглеводнів в атмосферне повітря з резервуарів є те, що наукова розробка встановлює єдиний підхід до визначення питомих викидів забруднюювальних речовин для підрозділів системи транспортування нафти, упорядковує систему обліку викидів забруднюювальних речовин в атмосферне повітря та спрощує розрахунок викидів при стягненні збору за забруднення атмосферного повітря.

Література

1 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Technical report № 30. – European Environment Agency, 2004.

2 ГОСТ 1756-2000 (ИСО 3007-99) Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров. Взамен ГОСТ 1756-52. Введен: 01.07.01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

4 Лісафін Д.В. Дослідження параметрів газоповітряних сумішей нафт в експериментальній установці // Розробка та розвідка нафтових і газових родовищ. – № 1(18). – 2006. – С.67-69.